

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

LIBEREC 2012

PETR ČERMÁK

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program : B3107 Textil

Studijní obor : 3107R007-90 Textilní marketing

**ARAMIDOVÁ VLÁKNA,
EKONOMICKÉ ASPEKTY JEJICH ZPRACOVÁNÍ**

**ARAMID FIBRES,
ECONOMICAL ASPECTS THEIR PROCESSING**

Petr Čermák

KHT - 813

Vedoucí bakalářské práce : Ing. Hana Pařilová, Ph.D.

Rozsah práce :

Počet stran textu32

Počet obrázků11

Počet grafů3

Počet tabulek7

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121./2000 Sb. O právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **souhlasím** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci dne 5. dubna 2012

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Ing. Haně Pařilové, Ph.D. za odborné vedení, rady a připomínky při vzniku této práce. Dále děkuji firmě za poskytnutí potřebných podkladů a informací pro mou praktickou část bakalářské práce a umožnění provádět praktická měření.

ANOTACE

Teoretická část bakalářské práce popisuje aramidová vlákna, vznik – historii, vlastnosti, výrobu, rozdělení a jejich využití. Praktická část je zaměřena na měření odchylek jemnosti a pevnosti nití. Popis a charakteristika tkalcovských vad, které vznikají při jejich zpracování a jsou ovlivněny odchylkami jemnosti a pevnosti daných nití. V bakalářské práci jsou vyhodnoceny náklady způsobené vadami tkanin.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Aramidová vlákna, para-aramid, Kevlar, jemnost nití, pevnost nití

ANNOTATION

Theoretical part of baccalaureate work describes aramid fibers, rise, history, quality, production, indicative allocation plus their usage.

Practical part is aimed at metering departures gentleness plus strongholds of threads. Description plus rating weaving defects that the rise at their processing are affected by departures gentleness plus strongholds given to threads. In baccalaureate work are evaluation costs incurred defects fabrics.

KEY WORDS:

Aramid fibers, para-aramid, Kevlar, gentleness of threads, strongholds of threads

Obsah

Obsah	6
1. Úvod	7
2. Aramid	8
2.1 Vznik a historie aramidových vláken	9
2.2 Rozdělení aramidových vláken	10
2.3 Vlastnosti aramidových vláken	11
2.4 Zpracování aramidových vláken	14
3. Využití aramidových vláken	15
3.1 Kompozitní textilie (stavebnictví)	15
3.2 Ochranné oděvy a pomůcky	16
3.3 Automobilový průmysl	18
4. Zjištění odchylek jemnosti a pevnosti para-aramidových nití	20
4.1 Normované zkoušky	20
4.2 Zkušební přístroje	21
5. Diskuse výsledků měření	24
5.1 Rozsah a charakteristika tkalcovských vad	30
5.2 Diskuse výsledků	31
6. Ekonomické vyhodnocení	32
7. Návrh opatření na eliminaci tkalcovských vad	34
8. Závěr	36
9. Seznam použitých symbolů a zkratk	38
10. Seznam obrázků, grafů a tabulek	39
11. Použitá literatura	40

1. Úvod

Cílem bakalářské práce je návrh opatření na eliminaci tkalcovských vad. Tkalcovské vady zásadním způsobem ovlivňují kvalitu tkaniny, eliminací daných vad bude dosažena vyšší kvalita výrobku. Vznik tkalcovských vad ovlivňuje řada faktorů, je důležité věnovat jim pozornost a odstranit příčiny jejich vzniku. Pokud má být vyrobena kvalitní a konkurenceschopná tkanina, je eliminace tkalcovských vad hlavním úkolem.

Teoretická část bakalářské práce představuje aramidová vlákna – vznik, výrobu, vlastnosti a zpracování. Využití aramidových vláken v automobilovém průmyslu, ve stavebnictví nebo při výrobě ochranných oděvů je nejznámější. Hlavní pozornost je věnována neprůstřelným vestám, ochranným kombinézám a kordům v pneumatikách.

Praktická část je zaměřena na měření para-aramidových, multifilových nití, za účelem zjištění odchylek jemnosti a pevnosti nití. Tyto nitě jsou následně použity při výrobě para-aramidové tkaniny. Na dané tkanině budou vyhodnoceny tkalcovské vady, rozdělené na vady vzniklé odchylkami nití a vady způsobené strojním či lidským faktorem.

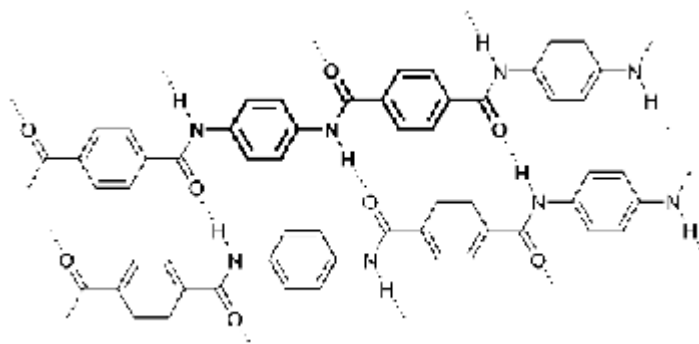
V závěru budou vyhodnoceny výsledky měření a výskyt tkalcovských vad. Bude provedeno ekonomické vyhodnocení nákladů na vady tkaní a návrh opatření na jejich eliminaci.

2. Aramid

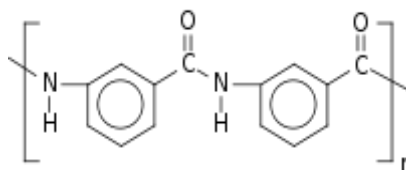
Aramid je pevný žáruvzdorný syntetický materiál. Název vznikl zkrácením názvu „aromatický polyamid“.

Podle Federální obchodní komise (The US Federal Trade Commission) je aramidové vlákno definováno jako „vlákno vyrobené z polyamidu s dlouhým uhlovodíkovým řetězcem, jehož alespoň 85% peptidických vazeb spojuje dvě aromatická jádra“ [9].

Aramid se řadí k vláknům s vynikajícími vlastnostmi, tzv. high performance fibers.



Obr. 1 Chemická struktura para-aramidu [8]



Obr. 2 Chemická struktura meta-aramidu [6]

2.1 Vznik a historie aramidových vláken

S výrobou aramidových vláken se začalo počátkem 60. let minulého století u firmy DuPont s meta-aramidovým vláknem pod značkou Nomex. O 10 let později přišla na trh para-aramidová vlákna, z nichž nejznámější je Kevlar následovaný v 80. letech Twaronem, kopolyamidem se značkou Technora a další.

Para-aramidová vlákna jsou pokrokovou technologií, která se zrodila v americké chemické společnosti DuPont pod názvem Kevlar. Technologie Kevlar kombinuje pevnost materiálu společně s jeho nízkou hmotností, čímž mu dává široké uplatnění od průmyslu až po běžné použití.

Historie Kevlaru:

„Prvotní objev učinila Stephanie Kwolek během práce ve firmě DuPont, když v roce 1964 připravila podivně vypadající zakalenou směs polymerů. Při podobné práci totiž obvykle vznikaly roztoky polymerů průhledné a tekuté, zatímco tento byl tenký a kalný. Někteří vědci by možná takový výsledek považovali za chybu a dál by se jím nezabývali. Ve Stephanie Kwolek ovšem tento jev vzbudil zájem, a proto pokračovala nadále v práci. Aby mohla poslat svůj nový materiál do laboratoře, potřebovala z něj (jako obvykle) udělat vlákna“ [8]. Už to byl problém, protože nová látka měla mnoho nezvyklých vlastností. Stephanie se však nenechala odradit a nakonec se jí podařilo vlákna vytvořit. Poslala je tedy do laboratoře, odkud jí přišly překvapivé výsledky. Vlákna měla minimálně devětkrát větší pevnost, než cokoli jiného, co do té doby udělala. To jí zarazilo. Pro jistotu ještě několikrát poslala vlákna do laboratoře, aby jí výsledky potvrdili. Když se vracely pořád téměř stejné hodnoty, oznámila svůj objev. DuPont rychle pochopil, jaký potenciál v sobě tato látka má. Vývojová skupina společnosti po dalším usilovném vylepšování uvedla Kevlar v roce 1971.

2.2 Rozdělení aramidových vláken

- Meta-aramidy (metafenylen – izoftalamidy, zkráceně též MPIA) vynikající svou termickou odolností a elektroizolačními schopnostmi.
- Para-aramidy (parafenylen – tereftalamidy, zkráceně PPTA) s podstatně vyšší pevností v tahu a vyšším modulem pružnosti.

Typy para-aramidových vláken :

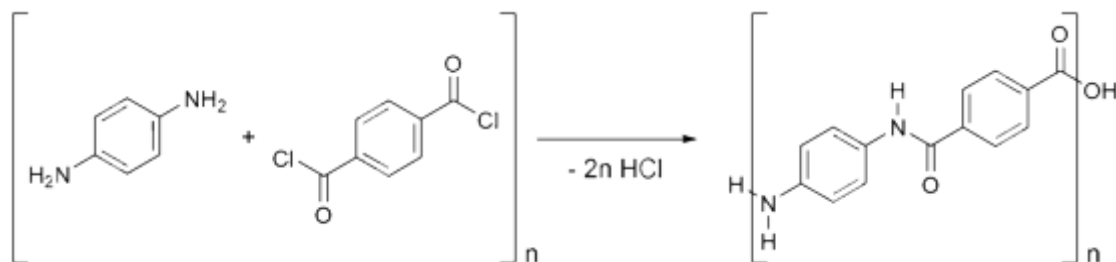
- vysokomodulové – vlákna Kevlar 49 nebo Twaron HM (určeno pro letecké aplikace)
- nízkomodulové – vlákna Kevlar 29 nebo Twaron LM (určeno pro ochranné prostředky)

Tab. 1 Porovnání parametrů vysoko a nízko modulových para-aramidových vláken

	jednotka	nízkomodulová(LM)	vysokomodulová(HM)
hustota	g/cm ³	1,44	1,45
pev. v tahu	MPa	2800	2900
tažnost	%	4	1,9
spec.el.odpor	ohm/cm	1015	1015
koef.tep.rozt	10E-6K	-2,3	-4,1
absorp.vlhkosti	%	7	3,5

Výroba para-aramidu (Kevlar)

Řečeno chemickou technologií „v kondenzační reakci se Kevlar syntetizuje z 1,4-fenylen-diamin monomeru a tereftaloyl chloridu (TCL) za vzniku kyseliny chlorovodíkové coby vedlejšího produktu (obr.3). Tím vznikne aramid obsahující benzenová jádra a amidové skupiny, které jsou navázány náhodně“ [8]. Dalšími úpravami se dosáhne materiálu s vlastnostmi tekutého krystalu, jehož polymerové řetězce jsou orientovány ve směru vlákna.



Obr. 3 Výrobní chemická syntéza Kevlaru [8]

2.3 Vlastnosti aramidových vláken

Aramidy se řadí k vláknům s vynikajícími vlastnostmi, tzv. high performance fibers. Mimo vysoké pevnosti a odolnosti proti horku se aramidy vyznačují značnou odolností vůči chemikáliím. Vláknem Kevlar je stabilní do teploty 150°C, jeho mechanické vlastnosti se snižují přibližně o 30%, pokud je vystaveno teplotě 250°C po dobu 8 hodin.

K nevýhodám patří malá odolnost proti ultrafialovému záření a vlhku a obtížná barvitelnost.

Nejznámější představitel para-aramidových vláken Kevlar se řadí do skupiny aramidů. Má polymerický řetězec paralelní struktury. Část jeho pevnosti tkví v mezimolekulárních vazbách mezi karbonylovými skupinami a protony na sousedním řetězci a další část ve vazbách zvaných „pi stacking“, kdy na sebe silově působí atomy aromatických molekul. Tyto interakce ovlivňují Kevlar více než van der Waalsovy síly a délka řetězce, která má na vlastnosti syntetických polymerů a vláken většinou významný vliv. Speciální péče se při výrobě věnuje přítomnosti nečistot, obzvláště vápníku, které se mohou připlést do vazeb mezi řetězci a výrazně ohrozit vlastnosti materiálu. Strukturu Kevlaru tvoří relativně tuhé molekuly, které mají tendenci vytvářet většinou rovinné útvary podobné například molekulám hedvábí.[7]

Výše popsaná struktura má za následek vysokou mechanickou pevnost a v neposlední řadě značnou tepelnou odolnost. Počet nenasycených uhlíků (tj. poměr počtu atomů uhlíku ku počtu atomů vodíku) je poměrně vysoký, což snižuje jeho vznětlivost. Molekuly Kevlaru mají polární skupiny, které mohou tvořit vazbu s vodíkem. Na druhou stranu má Kevlar vysokou smáčivost a voda pronikající do vlákna se může navázat na molekuly, a tím snížit pevnost materiálu. „Smáčivost“ je ovšem významná při navazování vlákna na jiný druh polymeru. Tímto postupem vznikají kompozitní materiály, zkráceně kompozity. Ta samá vlastnost dává vláknům přírodnější nádech a větší „přilnavost“ v porovnání s nepolárními polymery, jakým je například polyetylen.[7]

Kevlar má i nevýhodné vlastnosti : zatímco v tahu může vydržet zatížení přes 4 GPa, stejně jako ostatní vlákna má pevnost v tlaku citelně nižší, a rozkládá se vlivem zásaditých prostředí.

Tab. 2 Porovnání vlastností aramidových vláken s dalšími materiály [6]

vlákno	obchodní značka	specif.hmotnost g/ccm	tažná pevnost cN/dtex	tažnost %
meta-aramid	Nomex	1,38	4,7	22
para-aramid	Kevlar	1,44	19	2,4
uhlíkové vlákno	T1000G	1,81	20	1,5
polyesterové vl.	Trevira	1,38	8	25

Z této tabulky jasně vyplývá, že para-aramidové vlákno je zcela srovnatelné svojí pevností i tažností s uhlíkovým vláknem. Tyto velice dobré vlastnosti předurčují toto vlákno k širokému využití tam, kde je nutná vysoká pevnost a minimální tažnost daného vlákna.

Nejznámější představitel meta-aramidových vláken je materiál Nomex, který byl vyvinut počátkem 60.let firmou DuPont. Jedná se o aromatický nylon, meta variantu para-aramidu Kevlar. Prodává se jako příze a používá se všude tam, kde je potřeba tepelné odolnosti a ohnivzdornosti.[4]

Vlastnosti Nomexu : vyniká excelentní tepelnou odolností, vlákno odolává dlouhou dobu teplotám až 300°C, při nichž si zachovává rozměrovou stabilitu a vysokou hodnotu pevnosti v tahu. Při přímém kontaktu s plamenem karbonizuje a neodkapává. Vyznačuje se excelentní odolností vůči plísni, a také vysokou mechanickou odolností (3x větší než má bavlna). Má také dobrou odolnost vůči organickým rozpouštědlům.

V následující tabulce jsou uvedeny maximální hodnoty teplot (T_0) jednotlivých vláken v závislosti na době použití.

Tab. 3 Porovnání teplotních odolností aramidových vláken s ostatními materiály [2]

typ	T_0 [°C] 200 hod	T_0 [°C] 2000 dní
polyetylen PE	70 - 100	60 - 90
polyamid PA	100 - 150	80 - 100
polyester PL	140 - 200	100 - 135
polysulfonová vlákna PS	160 - 180	140 - 160
aramid AR	250 - 300	180 - 230
polyimidová vlákna PI	300 - 350	180 - 250
PTFE (teflon)	300 - 350	180 - 250
polybenzimidazolová vl. PBI	350 - 400	250 - 300

Z tabulky je vidět, že aramidová vlákna se řadí k vláknům se zvýšenou tepelnou odolností.

Tab. 4 Porovnání mechanických vlastností aramidových vláken s ostatními materiály [1]

vlákno	pevnost [cN·dtex⁻¹]	tažnost [%]	pevnost mokrá [%] ze suché	tažnost mokrá [%]
vlna	1 - 2	20 - 40	80 - 90	25 - 50
bavlna	2,7 - 4,3	3 - 10	100 - 110	3,6 - 12
viskóza	2 - 3	15 - 30	44 - 72	20 - 40
polyamid	3,7 - 5,2	25 - 40	85 - 90	20 - 50
polyester	4,1 - 4,5	19 - 23	100	19 - 23
polypropylen	2,7 - 6,3	25 - 75	100	25 - 75
akryl	2,0 - 2,9	20 - 28	80 - 90	26 - 34
kevlar	19	4	100	4

Z této tabulky vyplývá, že para-aramidová vlákna (Kevlar) jsou 4x až 10x pevnější než ostatní vlákna z tabulky, při zachování minimální tažnosti vlákna.

2.4 Zpracování aramidových vláken

K textilnímu zpracování se dodávají vlákna ve formě :

- filament - v jemnostech 220 – 3360 dtex
- stříž - v jemnostech 1,7 dtex v délkách 38 – 85 mm
- sekaná vlákna - v délkách 1 – 12 mm

Aramidová vlákna se zpracovávají tkanou, pletařskou či netkanou technologií.[6]



Obr. 4 Aramidová stříž [6]



Obr. 5 Aramidové vlákno [8]

Ve tkané a pletařské technologii se nejvíce uplatňují vlákna ve formě filamentu. Pro netkanou technologii je vhodnější využití stříže nebo sekaného vlákna.

3. Využití aramidových vláken

3.1 Kompozitní textilie (stavebnictví)

Kompozitní materiály se sestávají minimálně ze dvou hlavních složek (fází) – vyztužujících vláken (diskontinuální fáze) - dodávajících pevnost a tuhost a blokujících vznik a růst trhlin ve struktuře a pojiva (matrice) – spojité fáze, která udržuje vyztužující vlákna v požadované poloze, zajišťuje přenos sil mezi všemi vyztuženými vlákny a dává materiálu potřebné fyzikální a chemické vlastnosti.

Kombinací dvou nebo více materiálů (fází) s rozdílnými vlastnostmi lze získat materiály nové, jejichž výsledné vlastnosti jsou lepší, než by odpovídalo pouhému součtu vlastností jednotlivých složek.

Aramidová vlákna jsou nejčastěji používána v pozemním stavitelství, jsou výborná pro krátkodobá zatížení (např. seismické jevy). Kompozitní materiály se využívají k externí výztuži betonových konstrukcí, výhodou je výrazné zvýšení pevnosti konstrukce s malým navýšením její hmotnosti.[12]

Aramid je žáruvzdorný, proto se používá jako náhražka azbestu.

Případy vhodné pro použití externí výztuže:

- zvýšení nosnosti betonových pilířů budov a mostů
- vyztužení pilířů v seizmicky aktivních oblastech
- ochrana mostních pilířů před nárazy těžkých vozidel
- obnova strukturální integrity betonové struktury, jejíž ocelová výztuž je zkorodována

3.2 Ochranné oděvy a pomůcky

Aramidová vlákna se pro své specifické vlastnosti, jako jsou vysoká pevnost, nízká roztažnost, vysoká tepelná odolnost, využívají na výrobu různých ochranných oděvů, jako např. neprůstřelné vesty, ohnivzdorné a ochranné oblečení a helmy.

Neprůstřelná vesta – je ochranný oblek zakrývající trup. Je zhotovená z pevných materiálů, které jsou odolné proti střelám z ručních palných zbraní.

Historie neprůstřelné vesty:

„Snaha o ochranu před zbraněmi nepřátel je nejspíše stará jako lidstvo samo. Ochranné obleky a různá brnění, ať už z kůže, ze dřeva, kostí nebo kovu existují již řádově tisíce let. V tomto ohledu je to věčný souboj mezi průbojností střely (nebo jiné zbraně) a pevností, odolností ochranného obleku nebo brnění.“ [3]

„Počátek vest lze nalézt v období mezi světovými válkami, kdy vznikla potřeba chránit posádku letadel proti palbě ze země. Byla vytvořena tzv. protiflaková kombinéza (protistřepinová kombinéza = Flak jacket), byla to pevná bunda z více vrstev nylonu doplněná kovovými destičkami. Tato kombinéza byla schopna zastavit pomalejší střepiny, tzv. flaky, ale na zastavení střely z pistole samotný nylon nestačil, především z důvodu vyšší průtažnosti.“[3]

V 70. letech přichází firma DuPont s materiálem Kevlar. Jedná se o aramidové vlákno s vysokou pevností a nízkou průtažností, což jsou dvě nejdůležitější vlastnosti pro výrobu neprůstřelných vest.

„Typickým materiálem do současné doby byl Kevlar 29 spolu s novějším Kevlarem 129, který je lehčí, ohebnější a s vyšší pevností. Dalším konkurenčním materiálem uvedeným počátkem 80.let na trh je Twaron a Twaron High Tenacity japonské společnosti Teijin. Tato aramidová vlákna jsou mechanicko-fyzikálními vlastnostmi podobná Kevlaru.“ [5]
Z těchto aramidových vláken se vyráběly velmi husté tkaniny převážně v plátňové vazbě od 120 do 640 g/ m² tkaniny ve žluté a oranžové barvě.

Většina materiálů má sníženou odolnost, pokud jsou namočený. Proto jsou vesty vyráběny vrstvami neprůstřelného materiálu s vodoodpudivou úpravou. Vesty jsou vybaveny tzv. protišokovými vložkami. Je to vrstva nejbližší tělu, která absorbuje kinetickou energii a rozloží ji na větší plochu povrchu těla. Kdyby vesta neměla protišokovou vložku, dojde k prohnutí tkaniny v místě dopadu střely, která způsobí zlomeniny. Při zásahu silnější ráže je průtlak větší a často může způsobit smrtelná vnitřní zranění.

Vesty jsou roztrženy pro snadnější orientaci do několika kategorií, neboli norem třídy balistické odolnosti (TBO). Nejrozšířenější je klasifikace americká. Rozlišuje čtyři třídy (kategorie). Třída I. je nejlehčí, až IV. třída by zastavila kulku z pušky. Nejvíce používaná třída III. zastaví střelu .357 Magnum či .45 ACP (v současnosti největší a proti člověku neúčinnější běžně používaná sériově vyráběná pistolová ráže .45 ACP je ráže asi 11 mm). [3]



Obr. 6 Ochranná vesta COP „Specialist FL“ (III.A TBO) [11]

Ohnivzdorné oblečení – aramidová vlákna patří mezi materiály s vysokou tepelnou odolností, zachovávají si vysokou pevnost v tahu a počáteční modul. „Vlákna tvořená para orientovanou strukturou mají T_g vyšší než 300°C . Nižší hodnoty v rozmezí 265°C až 275°C odpovídají vláknům s meta orientovanou strukturou“. [2] Z tohoto důvodu se tato vlákna ve velké míře uplatňují pro výrobu ohnivzdorného oblečení.



Obr. 7 Ochranný oblek pro hasiče TIGER Plus [10]

Nejčastěji používaná aramidová směs na ohnivzdorné oblečení je materiál Nomex, který obsahuje minimálně 5% Kevlaru a 2% antistatického vlákna. Tato směs se vyznačuje unikátními vlastnostmi - ohnivzdorností, antistatickými vlastnostmi ve velmi suchém prostředí, zvýšenou odolností proti oděru.

Nomex nehoří jako bavlna ani nekape nebo se neroztaví, ve styku s ohněm, jako polyesterové vlákna. Nomex je také odolný proti průmyslovým olejům, rozpouštědlům a chemickým látkám. Pokud je Nomex vystaven vlivu extrémního žáru nebo ohně, jeho vlákna absorbují energii žáru při procesu zuhelnování, spojí se a zhoustnou, čímž se uzavřou otvory mezi vlákny a tím je zabráněno průchodu vzduchu a horka dovnitř oděvu.

Tyto ochranné kombinézy kromě hasičů používají i piloti tryskových letadel a formulí, astronauti jsou díky obleku z aramidových vláken chráněni před úlomky z vesmíru.[14]

3.3 Automobilový průmysl

Kevlar se používá v automobilovém průmyslu jako náhrada azbestu ve spojovém a brzdovém obložení, v různých druzích automobilových hadic a kordech pneumatik. Uplatňuje se i v kompozitních strukturách pro lehké pancéřování vozidel.

DuPont Kevlar je jedno z nejrevolučnějších syntetických vláken na světě. Nyní je používáno v jádru patky nové pneumatiky Dunlop SP SPORT Maxx TT. Jedná se o průlomovou inovaci v technologii výroby pneumatik. Kevlar Engineered Elastomer (EE) je uměle vytvořená konstrukce para-aramidových vláken, která jsou vysoce odolná vůči zpracování, stárnutí a měnícím se teplotám. Přidáním vlákna Kevlar EE do jádra patky je vytvořena pevnější bočnice, která je odolnější vůči zkroucení a kompresi a výrazně zlepšuje dynamické chování, zejména při vyšších teplotách. Tyto vlastnosti vedou ke zvýšené stabilitě při zatáčení, stejně jako k vylepšení reakce a větší přesnosti řízení. Kevlar EE je pre-dispersovaná forma drti Kevlar. Tato drť, tvořená nasekanými vlákny, poskytuje vynikající výztuhu a kontrolu viskozity při tlaku, a proto se používá jako speciální aditivum pro zvýšení výkonu. [13]



Obr.8 Kord pneumatiky vyztužený aramidovými vlákny Kevlar [12]

Dále se aramidová vlákna používají při výrobě sportovního vybavení jako jsou rybářské čluny a potřeby, pruty, golfové hole, tenisové rakety a kanoe.[15] Aramidová a karbonová vlákna umožňují výrobu extrémně pevných a přitom úzkých rámců jízdních kol s vynikajícími aerodynamickými vlastnostmi. Kevlar a aramid propůjčují těmto věcem nejdůležitější vlastnosti – jsou neobyčejně pevné a přitom lehké.[12]

4. Zjištění odchylek jemnosti a pevnosti para-aramidových nití

-zjištění jemnosti nití

Jemnost nití se dle normy nazývá délkovou hmotností a je definována poměrem mezi hmotností a délkou. Délkovou hmotnost stanovíme podle vztahu

$$T = \frac{m}{l} \cdot 10^3 \quad [g/m] = [tex]$$

Jednotka jemnosti dtex je odvozena od jednotky tex [tex=10dtex], tato jednotka bude použita v celé práci.

Pro zjištění jemnosti nití byla použita Gravimetrická metoda. Tato metoda spočívá v odměření délky nití a jejich zvážení.

-zjištění pevnosti nití

Nejčastěji je pevnost nití vyjádřena jako relativní pevnost (Fr). Fr se udává v jednotkách [cN/dtex] nebo [N/tex].

4.1 Normované zkoušky

-zjištění jemnosti nití

Tato zkouška byla provedena dle normy ČSN EN ISO 2060 : Textilie – Nitě na návinech - Zjišťování jemnosti (délkové hmotnosti) pásmovou metodou.

Zkouška byla provedena v klimatizované textilní laboratoři na kalibrovaných přístrojích. Parametry klimatizovaného prostředí : teplota vzduchu 20°C (tolerance pro teplotu $\pm 2^\circ\text{C}$), vlhkost vzduchu 65% (tolerance pro vlhkost $\pm 2\%$). Výše uvedené hodnoty stanoveny dle normy ČSN EN ISO 139 : Textilie – Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení.

Po aklimatizaci zkušebních vzorků na požadovanou teplotu a vlhkost, byla navinuta předepsaná délka nitě a zvážena na analytické váze s přesností $\pm 0,1$ mg. Výsledek zkoušky byl zapsán v jednotkách tex, popřípadě převeden na jinou jednotku jemnosti např. dtex. Poté následovaly další měření až do požadovaného počtu. Jednotlivé výsledky byly dále analyticky zpracovány a následně vyhodnoceny.

-zjištění pevnosti nití

Zkoušky byly prováděny dle normy ČSN EN ISO 2062 : Textilie – Nitě na návinech – Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu pomocí přístroje s konstantní rychlostí prodloužení (CRE). Parametry klimatizované laboratoře jsou shodné jako při zjišťování jemnosti nití.

Po aklimatizaci zkušebních vzorků bylo přistoupeno k samotné zkoušce. Zkouška byla provedena na přístroji TIRATEST typ 2150 s měřícím rozsahem pevnosti 0,1 – 5000 N s přesností $\pm 1\%$. Na trhacím přístroji byla nastavena upínací délka 500 mm, s rychlostí prodloužení 500 mm/min. Nastaveno předpětí 0,5 cN/tex \pm 0,1cN/tex. Pro průměrné hodnoty bylo odebráno z množství určeného ke zkoušce 10 zkušebních vzorků. Trhací přístroj zaznamená průměrnou hodnotu tržné síly (N) a průměrnou hodnotu tažnosti při přetrhu (%).

4.2 Zkušební přístroje

V této kapitole jsou zobrazeny přístroje, které byly potřebné k námi prováděným zkouškám. U jednotlivých přístrojů je stručný popis zařízení a způsob jeho použití.

-Viják metrický, typ WA 326



Obr. 9 Metrický viják

Toto zařízení slouží k automatickému odměření délky nitě. Na stupnici je nastavena námi požadovaná délka nitě, nit je následně upnuta do držáku a vedena přes dvě pevné kladky rozváděcími očky na navíjecí růžici. Šestiramenná růžice má jedno rameno upraveno pro uchycení nitě a druhé je výklopné pro snadnější sejmутí navinuté nitě.

-Elektronické analytické váhy Sartorius typ A200S



Obr. 10 Sartorius typ A200S

Elektronická váha Sartorius byla použita k přesnému vážení testovaných vzorků nití. Vzorky byly váženy s přesností $\pm 0,1$ mg.

-Tiratest typ 2150, přístroj na měření pevnosti a tažnosti



Obr.11 Tiratest typ 2150

Pevnost testovaných vzorků byla provedena na přístroji TIRATEST typ 2150 s měřicím rozsahem 0,1N – 5000N. Zkušební vzorek nitě se pomocí mechanického zařízení protahuje až do přetržení a zaznamenává se tržná síla a tažnost při přetrhu.

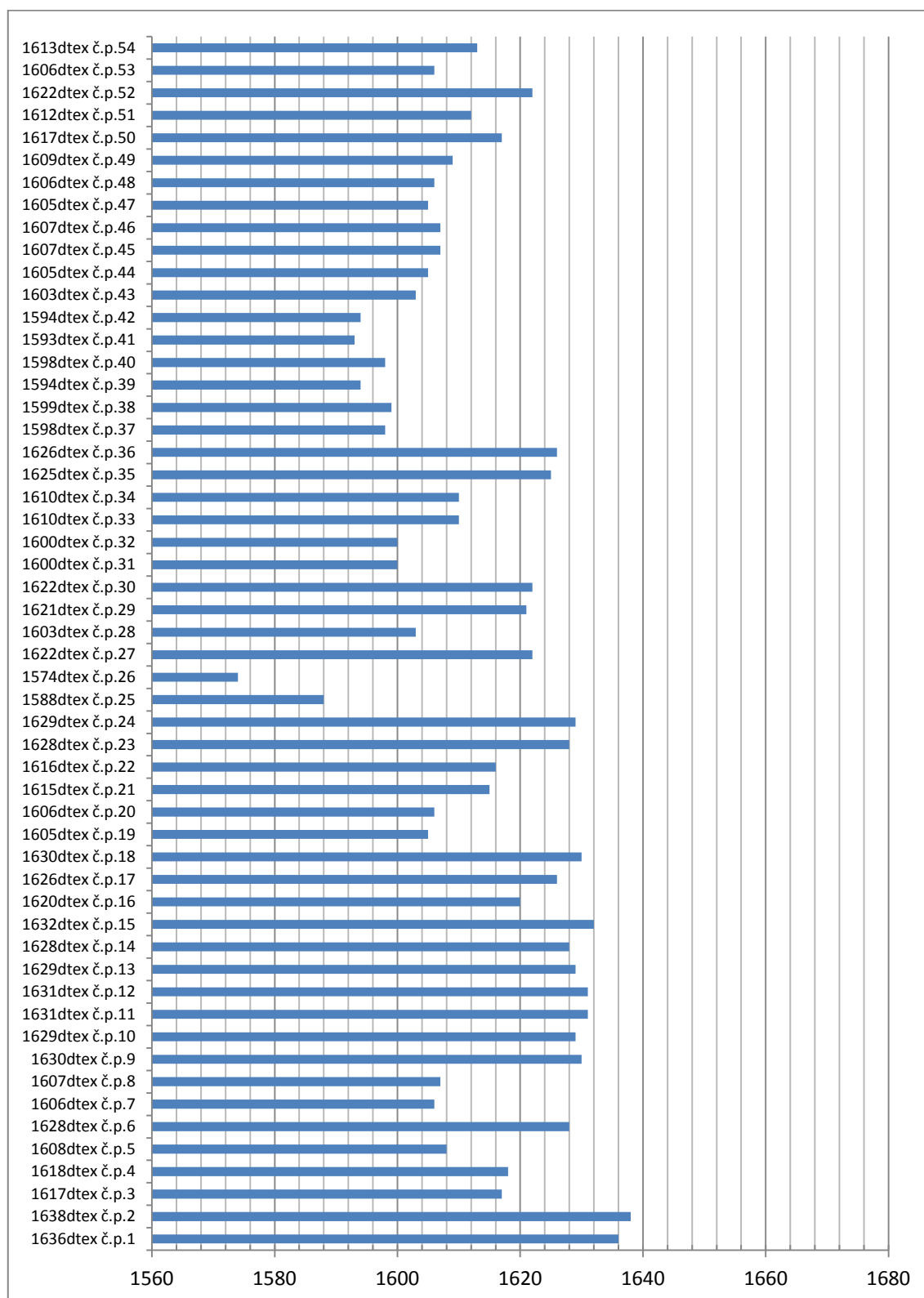
5. Diskuse výsledků měření

Zkoušky jsou prováděny na multifilové a bezzákrutové niti vyráběné firmou TEIJIN. Výrobce udává jemnost nitě v jednotkách dtex, z tohoto důvodu budou v této práci všechna zjištěná data uváděna v těchto jednotkách.

Deklarované parametry nití od výrobce para-aramidové nitě f. TEIJIN ARAMID, Holandsko. Produkt : Twaron typ 2000, jemnost 1680 dtex, f 1000, t0, pevnost 380N.

Měřeno je 54 různých výrobních partií nití, každá partie má cca 555kg. Celkový objem zpracovaných nití je 30 000kg. Z každé partie je odebráno 10 různých 10ti kg vzorků nití, je provedeno 10 měření, ze kterých je vypočítána průměrná hodnota jemnosti a pevnosti nitě.

Naměřené hodnoty jsou uvedeny ve dvou grafech. Naměřené hodnoty jemnosti nití jsou uvedeny v grafu č. 1. Naměřené hodnoty pevnosti nití jsou uvedeny v grafu č. 2. Pevnost a jemnost mohou výrazně ovlivnit výslednou kvalitu tkaniny, proto byly tyto dvě veličiny vybrány k měření.



Graf č.1 Naměřené hodnoty jemnosti nití

Z grafu č.1 lze vyčíst naměřené hodnoty jemnosti nití. Jemnost nitě se pohybuje v intervalu od 1574dtex do 1638dtex, což je oproti specifikaci nit o 2,5% až 6,31% jemnější než je deklarovaná jemnost nitě. Osa x zobrazuje naměřené hodnoty jemnosti, osa y číslo měřené partie.

Na zjištěných hodnotách bude pomocí statistického zpracování dat vypočítána průměrná hodnota, modus, meridián, rozptyl, variační koeficient a směrodatná odchylka.

Průměrná hodnota [\bar{x}] :

Po sečtení všech naměřených hodnot jemnosti a vydělením počtem naměřených hodnot byla získána průměrná hodnota jemnosti nitě.

$$\bar{x} = 1614 \text{ dtex}$$

Modus [x_m] :

Modus je hodnota, která je v souboru naměřených hodnot nejčetnější.

$$x_m = 1606 \text{ dtex}$$

Rozptyl [S^2] :

Rozptyl znázorňuje kolísání hodnot okolo průměru.

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (1)$$

$$S^2 = \frac{1}{10} [(1574 - 1614)^2 \cdot 1 + \dots]$$

$$S^2 = \frac{1}{10} \cdot 10094$$

$$S^2 = 186,926 \text{ dtex}$$

$$\bar{x} = 1614 \text{ dtex} \quad - \text{průměrná hodnota}$$

Variační koeficient [V] :

Variační koeficient je užitečnou mírou relativního rozptýlení dat.

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (2)$$

$$V = \frac{186,926}{1614} \cdot 100$$

$$V = 0,8 \%$$

- průměrná hodnota

Směrodatná odchylka [S] :

Směrodatná odchylka je míra proměnlivosti nebo rozptýlení souboru dat.

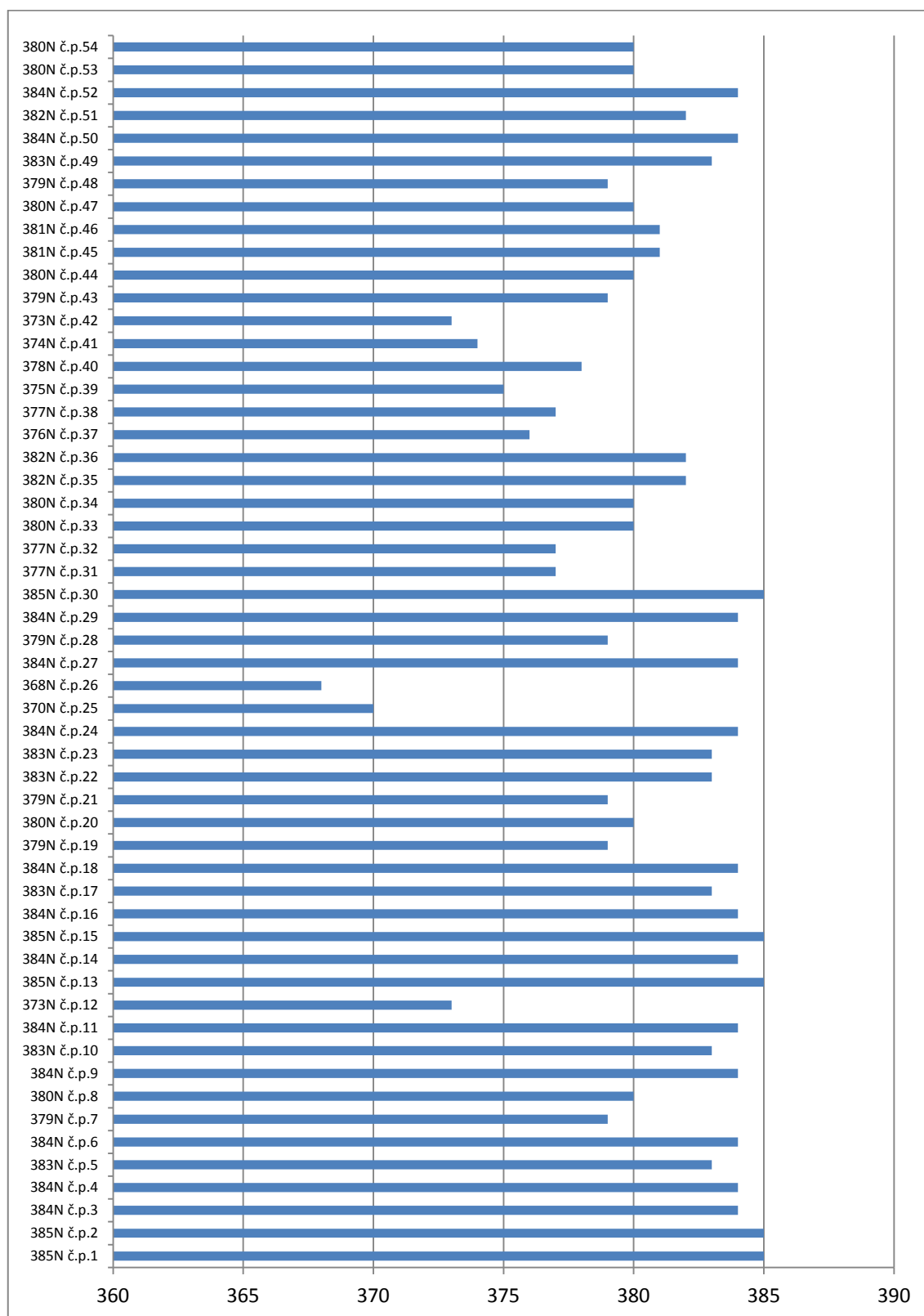
$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad (3)$$

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

$$S = 13,672 \text{ dtex}$$

S^2 - rozptyl

Z těchto nití má být utkána tkanina v požadované hmotnosti 615g/bm v toleranci $\pm 10\text{g}$ (procentuelně vyjádřeno $\pm 1,6\%$). Po vypočtení a zpracování statistických dat vyplynulo, že průměrná hodnota jemnosti je o 3,9% nižší než je hodnota jemnosti deklarovaná výrobcem. Toto zjištění je alarmující, kvalita tkaniny vyrobené z těchto nití nebude splňovat požadované parametry.



Graf č.2 Naměřené hodnoty pevnosti nití

Z grafu je patrné, že naměřené hodnoty daných nití se pohybují v intervalu 368N – 385N. To je o 4,42% méně pevná nit než je deklarovaná hodnota. Osa x zobrazuje naměřené hodnoty pevnosti, osa y číslo měřené partie.

Průměrná hodnota [] :

$$= 381\text{N}$$

] :

$$= 384\text{N}$$

Rozptyl [S^2] :

$$S^2 = - \quad (1)$$

$$S^2 = - [(368-384)^2 \cdot 1 + \dots]$$

$$S^2 = - \cdot 1441$$

$$S^2 = 26,685\text{N}$$

- - -průměrná hodnota

Variační koeficient [V] :

$$V = - \cdot 100\% \quad (2)$$

$$V = \text{---} \cdot 100\%$$

$$V = 1,4\%$$

- -průměrná hodnota

Směrodatná odchylka [S] :

$$S = \text{---} \quad (3)$$

$$S = \text{---}$$

$$S = 5,166 \text{ dtex}$$

$$S^2\text{-rozptyl}$$

Po zpracování statistických dat byla zjištěna průměrná hodnota pevnosti o 1,04% nižší než je hodnota deklarovaná výrobcem nitě. Variační koeficient je stejně jako u jemnosti nitě vyšší.

5.1 Rozsah a charakteristika tkalcovských vad

Při výrobě tkaniny vznikají tkalcovské vady ovlivňující výslednou kvalitu tkaniny. Je důležité tyto vady specifikovat (pojmenovat) a kvantifikovat. V tabulce č.5 je uveden seznam všech tkalcovských vad, ke každé vadě je přiřazené číslo a stručná charakteristika.

Tab. 5 Tkalcovské vady

Číslo vady	Charakteristika (popis) vady
310	chybějící vlákno
311	špatně zatkané místo po osnově
312	rozvláknění
313	řidké místo
314	díra
315	porušený kraj
316	pomačkání (sklady)
317	nezatkaná nit
318	skvrna, ušpinění
319	uzel
320	osnovní vada
321	zesílená nit
322	cizí zatkané částice
323	příměs
324	smyčka
325	lom
510	vada způsobená vadou nitě

V této tabulce je uveden přehled tkalcovských vad (číslo a popis vady). Jsou to tkalcovské vady vznikající při výrobě tkaniny - vady způsobené špatnou nití, tkalcovským strojem, opotřebením tkalcovského příslušenství (např. paprsek, nitěnky, listy) nebo vady způsobené lidským faktorem. Tabulka byla vytvořena autorem této práce na základě dvacetiletých zkušeností v tkalcovské praxi.

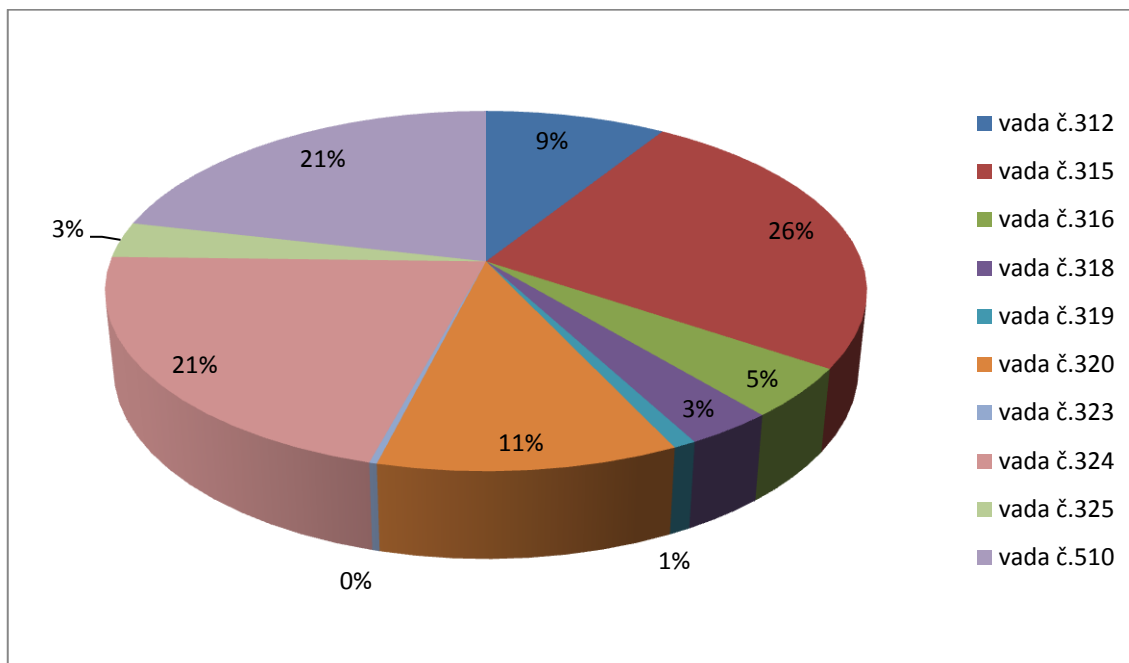
5.2 Diskuse výsledků

Z kontrolovaných výrobních partií nití bylo utkáno celkem 70 000 bm tkaniny. Přehled tkalcovských vad zjištěných na dané tkanině je zobrazen v tabulce č.6.

Tab. 6 Zjištěné tkalcovské vady

Číslo vady	Charakteristika vady	Celkem vady	Celkem bm	Počet vad na 100 bm
312	rozvláknění	640	70 000	0,91
315	porušený kraj	1810	70 000	2,59
316	pomačkání (sklad)	320	70 000	0,46
318	skvrna, ušpinění	230	70 000	0,33
319	uzel	60	70 000	0,09
320	osnovní vada	780	70 000	1,11
323	příměs	20	70 000	0,02
324	smyčka	1510	70 000	2,16
325	lom	228	70 000	0,32
510	vada způsobená vadou nitě	1523	70 000	2,18

Z tabulky lze vyčíst celkový počet značek na 70 000 bm tkaniny, který činí 7 121 značek, což je 10,17 značek na 100 bm tkaniny. Tabulka č.6 popisuje podíl konkrétních vad na daném množství tkaniny. Největším dílem je zastoupena vada č. 315 – porušený okraj s celkovým počtem 1810 vad, což představuje 2,59 vady na 100 bm. Druhou nejčastější je č.510 – vada způsobená vadou nitě s počtem 1523, což je 2,18 vady na 100 bm tkaniny. Třetí v pořadí je vada č. 324 – smyčky s celkovým počtem 1510 vad, to znamená 2,16 vady na 100 bm tkaniny.



Graf č.3 Procentuální zastoupení tkalcovských vad

V grafu č.3 je přehledně znázorněno jednotlivé procentuální zastoupení tkalcovských vad. Největším podílem (26%) je zastoupena vada č.315 – porušený kraj, dále následují vady č. 510 – vada způsobená vadou nitě a č. 324 – smyčka, obě tyto vady jsou zastoupeny 21% z celkového počtu vad. Na čtvrtém místě s 11% je vada č. 320 – osnovní vada, zbylé vady jsou pod hranicí 10%.

6. Ekonomické vyhodnocení

Z kontrolovaného objemu nití (30 000 kg) bylo utkáno 70 000 bm tkaniny. Tato tkanina byla následně adjustována a oklasifikována konkrétními tkalcovskými vadami. Na daném množství tkaniny bylo zjištěno celkem 7 121 tkalcovských vad. Z toho vyplývá, že na 100 bm tkaniny připadá v průměru 10,17 značek.

Při průměrné ceně tkaniny, která činí 500 Kč/bm a stanovené náhradě tkaniny (každá vada 10 centimetrů tkaniny zdarma), činí celkové ztráty z důvodu tkalcovských vad 356 050 Kč.

Výpočet ztráty:

Celkový počet vad $7\,121 \cdot 10 \text{ cm}$ (náhrada za jednu vadu tkaniny) = $71\,210 \text{ cm} = 712,1 \text{ bm}$ tkaniny.

Při průměrné ceně tkaniny 500 Kč/bm jsou celkové ztráty $712,1 \cdot 500 = 356\,050 \text{ Kč}$ na $70\,000 \text{ bm}$ tkaniny.

Při celkové prodejní ceně tkaniny, která činí $35\,000\,000 \text{ Kč}$ ($70\,000 \text{ bm} \cdot 500 \text{ Kč}$), je ztráta z důvodu tkalcovských vad $356\,050 \text{ Kč}$, což odpovídá 1% .

Jednoprocentní ztráta z celkové prodejní ceny se nezdá být tak vysoká. Pokud si uvědomíme, že dané množství tkaniny je tkáno v třísměnném provozu na 6-ti tkalcovských stavech jeden měsíc, je tato finanční ztráta alarmující.

Pokud by byl daný typ tkaniny tkán po dobu jednoho roku v třísměnném provozu, bylo by utkáno $840\,000 \text{ bm}$ ($70\,000 \text{ bm} \times 12$) tkaniny. Při zachování 1% ztráty z důvodu tkalcovských vad, bude celková finanční ztráta ve výši $4\,272\,600 \text{ Kč}$. Což je částka, kterou lze použít k modernizaci strojového vybavení nebo investovat do nových technologií.

Pro větší přehlednost byla vytvořena tabulka č.6 (Vyhodnocení ztrát) celkových ztrát v závislosti na době a objemu utkaných metrů.

Tab.č.7 Vyhodnocení ztrát

Doba tkaní [měsíc]	Počet stavů	Počet tkadlen	Celkové bm tkaniny	Prodejní cena tkaniny [Kč]	Finanční ztráta-1% [Kč]
1	6	3	70 000	35 000 000	350 000
3	6	3	210 000	105 000 000	1 050 000
6	6	3	420 000	210 000 000	2 100 000
9	6	3	630 000	315 000 000	3 150 000
12	6	3	840 000	420 000 000	4 200 000

Na tkalcovských vadách je největším dílem zastoupena vada porušený okraj (26%), na druhém místě je vada způsobená vadou nitě (21%). Eliminací daných vad o polovinu, bude sníženo celkové zatížení tkalcovských vad o cca $\frac{1}{4}$, což představuje úsporu $98\,000 \text{ Kč}$ na $70\,000 \text{ bm}$ tkaniny.

7. Návrh opatření na eliminaci tkalcovských vad

Jak vyplývá z daného měření jemnosti a pevnosti nití, vykazují měřené nitě značné odchylky od specifikace nitě, která činí u jemnosti 1680 dtex a u pevnosti 385 N.

U jemnosti se interval odchylek nití pohybuje od 1574 do 1638 dtex, což představuje nit o 2,5% až 6,3% jemnější než je udávána deklarovaná jemnost nitě.

U pevnosti se interval odchylek nití pohybuje od 368 N do 385 N, což je až o 4,4% méně pevná nit.

Tyto vysoké odchylky nití jsou pro následné zpracování velmi nežádoucí. Problém může nastat již při snování (zvýšený výskyt přetrhů osnovních nití), špatně připravená osnova povede při tkaní ke zvýšenému výskytu tkalcovských vad. Po klasifikaci utkaných 70 000 bm tkaniny, byl zjištěn vyšší výskyt tkalcovských vad způsobených vadou nitě.

Jak vyplývá z grafu č.3 (Procentuální zastoupení tkalcovských vad), je vada č. 510- vada způsobená špatnou nití druhá nejčastější (2,18 vady na 100 bm). Další tkalcovská vada, která je ovlivněna špatnou nití, je vada č. 312 rozvláknění (0,91 vady na 100 bm).

Z těchto zjištění plyne, zaměřit se na co největší eliminaci odchylek nití, které způsobují cca 30% všech tkalcovských vad. Zbývajících 70% vad zůstává na samotném tkaní.

Jedním z důležitých faktorů ovlivňujících tkalcovské vady je použití vhodné tkací techniky pro daný druh tkaniny, použití vhodného tkalcovského příslušenství (nitěnky, lamely, paprsky apod.) a zvolení optimální rychlosti stroje (kvantita nevítězí nad kvalitou). Je důležité zvolení správného typu tkalcovského stroje, kdy lze volit mezi tryskovými stavy pneumatickými, kde zanášecí médium je vzduch, nebo hydraulickými, kdy je útek zanášen pomocí vody. Dalším typem jsou tkalcovské stroje skřípcové nebo jehlové, které se dělí na stroje s pevnou či ohebnou jehlou. Dle zkušeností se pro tento typ tkaniny nejlépe osvědčil tkalcovský stroj s pevnou jehlou, především jehlový tkalcovský stav od firmy Dornier (např. typ PTS). Tato firma má nejlépe vyvinutý systém předávání a přijímání útku pomocí hlav na daných jehlách. Tento systém jehel je schopný přesně zanášet do daného prošlupu téměř každý druh materiálu (od lněného vlákna až po polyethylenový pásek).

Dalším z důležitých faktorů je udržení perfektního technického stavu tkalcovských strojů, na kterém se ve velké míře podílí profesionalita obsluhovaného personálu – od čističky přes tkadlenu až po seřizovače. Školení a zvyšování odbornosti obsluhovaného personálu by měla být samozřejmostí.

Ke každému tkalcovskému stavu zavést provozní deník, do kterého budou zapisovány veškeré úkony provedené na daném stavu – od denního čištění a mazání přes opravy nebo výměny náhradních dílů či příslušenství. Při zjištění vady tkaniny, lze z deníku vyčíst stáří náhradních dílů a odhadnout míru jejich opotřebení. Tyto informace nám mohou pomoci při odstranění dané vady.

Neméně důležitým faktorem pro snížení tkalcovských vad je zabezpečení a udržení optimálního prostředí pro tkaní, kdy teplota prostředí by se měla pohybovat v intervalu 18°C - 22°C a vlhkost prostředí od 55 – 65% relativní vlhkosti.

Tyto podmínky v tkalcovně zatím nejsou splňovány. Pro splnění těchto podmínek by bylo nutno pořídit na tkalcovnu klimatizaci, která by tyto podmínky na teplotu a požadovanou vlhkost zajistila.

Pro dokreslení cenové náročnosti, je uvedena cenová nabídka od firmy Miroslav Štefka – klimatizace a chladicí zařízení. Zde je uveden orientační návrh dle námi stanovených parametrů : rozměry tkalcovny (délka 30m, šířka 30m, výška 5m), počet instalovaných tkalcovských stavů (18 kusů), požadovaná teplota prostředí (18°C - 24°C) a požadovaná relativní vlhkost prostředí (55% - 65%).

Orientační cenová nabídka představuje cca 4 mil. Kč. Přesnější stanovení ceny by bylo možno stanovit až po vytvoření projektové dokumentace. Takové finanční zatížení je pro takto malou tkalcovnu poměrně vysoké.

8. Závěr

V úvodu bakalářské práce jsou krátce představena aramidová vlákna. Škála použití aramidových vláken je široká, naše pozornost byla věnována využití ve stavebním, automobilovém a oděvním průmyslu. V oděvním průmyslu jsou aramidová vlákna, díky svým vlastnostem, nejčastěji používána při výrobě ochranných pracovních pomůcek nebo neprůstřelných vest.

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout opatření pro eliminaci tkalcovských vad, které vznikají při výrobě. Proto, aby mohla být tato opatření navržena, bylo nutno nejdříve tyto vady pojmenovat a kvantifikovat.

Jsem přesvědčen, že výslednou kvalitu tkaniny významně ovlivňuje kvalita zpracovávaných nití. Z toho důvodu byla hlavní pozornost věnována zjištění odchylek jemnosti a pevnosti para-aramidových nití, což jsou nejdůležitější faktory ovlivňující kvalitu nitě a následně i tkaniny. K měření byly použity para-aramidové, multifilamentové nitě f. TEIJIN ARAMID Holandsko, produkt Twaron typ 2000, deklarovaná jemnost nitě 1680 dtex a pevnost nitě 385 N.

Měřicí dávkou bylo zvoleno 54 různých výrobních partií daných nití, jednotlivá partie odpovídá cca 555 kg z celkového objemu 30 000 kg. Z jednotlivých partií bylo odebráno deset 10-ti kg vzorků nití a provedeno deset měření, které byly zaznamenány do grafů č.1 (Naměřené hodnoty jemnosti nití) a č.2 (Naměřené hodnoty pevnosti nití). Ze zjištěných dat byla pomocí statistického zpracování dat vypočítána průměrná hodnota, modus, rozptyl, variační koeficient a směrodatná odchylka.

Z naměřených hodnot jemnosti nití vyplynulo, že průměrná hodnota jemnosti je o 3,93% nižší než je hodnota deklarovaná výrobcem nitě, také variační koeficient s hodnotou 0,8% je poměrně vysoký. Interval naměřených hodnot jemnosti nití se pohybuje v rozmezí od 1574 dtex do 1638 dtex, což je oproti specifikaci o 2,5% až 6,31% jemnější nit než je deklarováno výrobcem.

U pevnosti nití je průměrná hodnota o 1,04% nižší než je deklarováno výrobcem. Variační koeficient s hodnotou 1,4% je taktéž vyšší.

Tyto velké odchylky mohou vést ke zhoršení kvality tkaniny, která byla následně z těchto nití utkána.

Po provedených měřeních bylo z tohoto materiálu utkáno celkem 70 000 bm tkaniny. Tato tkanina byla následně adjustována a klasifikována do jednotlivých vad, které byly sestaveny do tabulky č.5 (Tkalcovské vady). V této tabulce jsou uvedeny tkalcovské

vady, které mohou vzniknout při tkaní. Těmto vadám jsou přiřazena jednotlivá čísla i s popisem. Tyto vady jsou způsobené špatnou nití, tkalcovským strojem, opotřebením tkalcovského příslušenství nebo lidským faktorem.

V tabulce č.6 (Zjištěné tkalcovské vady) je uveden přehled zjištěných tkalcovských vad a jejich četnost na utkaných 70-ti tisících bm tkaniny. Nejpočetnější vadou je vada č. 315-porušený okraj, která se vyskytuje celkem 1810x což představuje 26% všech vad. Tato vada je způsobena špatným seřízením stavu (vada způsobená lidským faktorem). Druhá nejčetnější je vada č. 510-vada způsobená vadou nitě, vyskytující se 1523x. To odpovídá 21% ze všech zjištěných vad. Na třetím místě je vada č.312-rozvláknění, vada taktéž způsobená špatnou nití, vyskytující se celkem 640x, což je 9% z celkového výskytu vad.

Jak vyplynulo z těchto zjištění, plných 30% všech tkalcovských vad je způsobeno špatnou nití. Vyjádřeno penězi činí finanční ztráta na utkaných 70-ti tisících bm tkaniny cca 106 815,- Kč.

Z toho plyne, že při výrobě tkaniny by měla být co největší pozornost zaměřena na kvalitu zpracovávaných nití. Dalším důležitým faktorem ovlivňujícím tkalcovské vady je použití vhodné tkací techniky, tkalcovského příslušenství a udržení optimálního prostředí pro tkaní (teplota prostředí 18°C - 24°C, vlhkost prostředí 55% - 65% relativní vlhkosti). V nevhodném prostředí je větší výskyt osnovních přetrhů nebo rozvláknění nitě.

Neméně důležitým faktorem ovlivňujícím kvalitu tkaniny je profesionalita obsluhujícího personálu (např. špatně vyčištěný stav způsobuje příměsi ve tkanině, při špatně seřízeném stavu mohou vzniknout smyčky nebo lomy ve tkanině apod.). Profesionalita obsluhujícího personálu taktéž snižuje výskyt tkalcovských vad a tím pádem snižuje i finanční ztráty.

Měřením bylo zjištěno 1% znehodnocení tkaniny výskytem tkalcovských vad. 1% se nezdá být vysokým číslem, ale při objemu 70 000 bm tkaniny a průměrné ceně tkaniny 500,- Kč/bm, činí finanční ztráta neuvěřitelných 356 050,- Kč. Toto množství tkaniny je tkáno, ve 3-směnném provozu na 6-ti stavech, po dobu jednoho měsíce. Pokud zachováme výskyt tkalcovských vad ve stávající výši, bude činit roční ztráta alarmujících 4 272 400,- Kč. Za tuto poměrně vysokou částku lze provést modernizaci stávajícího strojového parku nebo zakoupení klimatizační jednotky pro udržení optimálního prostředí pro středně velkou tkalcovnu (finanční rozpočet činí cca 4 mil. Kč). Tyto náklady se vrátí ve zvýšené kvalitě vyráběných tkanin.

Kvalita tkanin je ovlivňována velkou řadou faktorů. Je důležité věnovat jim pozornost neboť jen tak lze vyrobit kvalitní a konkurenceschopnou tkaninu.

9. Seznam použitých symbolů a zkratk

PE	polyetylen
PA	polyamid
PL	polyester
PS	polysulfonová vlákna
AR	aramid
PI	polyimidová vlákna
PTFE	teflon
PBI	polybenzimidazolová vlákna
WO	vlna
CO	bavlna
VI	viskóza
PP	polypropylen
PC	akryl
Kevlar EE	Kevlar Engineered Elastomer
TBO	třída balistické odolnosti
T _g	teplota zesklenní
bm	běžný metr
T ₀	maximální teplota
f	počet fibril
t0	bez zákrutu

10. Seznam obrázků, grafů a tabulek

Seznam obrázků:

- Obr.č. 1 Chemická struktura para-aramidu
- Obr.č. 2 Chemická struktura meta-aramidu
- Obr.č. 3 Výrobní chemická syntéza Kevlaru
- Obr.č. 4 Aramidová stříž
- Obr.č. 5 Aramidové vlákno
- Obr.č. 6 Ochranná vesta COP“Specialist FL“ (III.A TBO)
- Obr.č. 7 Ochranný oblek pro hasiče TIGER Plus
- Obr.č. 8 Kord pneumatiky vyztužené aramidovými vlákny Kevlar
- Obr.č. 9 Metrický viják
- Obr.č.10 Sartorius typ A200S
- Obr.č.11 Tiratest typ 2150

Seznam grafů:

- Graf č. 1 Naměřené hodnoty jemnosti nití
- Graf č. 2 Naměřené hodnoty pevnosti nití
- Graf č. 3 Procentuální zastoupení tkalcovských vad

Seznam tabulek:

- Tab.č. 1 Porovnání parametrů vysoko a nízkomodulových para-aramidových vláken
- Tab.č. 2 Porovnání vlastností aramidových vláken s dalšími materiály
- Tab.č. 3 Porovnání teplotních odolností aramidových vláken s ostatními materiály
- Tab.č. 4 Porovnání mechanických vlastností aramidových vláken s ostatními materiály
- Tab.č. 5 Tkalcovské vady
- Tab.č. 6 Zjištěné tkalcovské vady
- Tab.č. 7 Vyhodnocení ztrát

11. Použitá literatura

- [1] Militký, J. Textilní vlákna. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2002. ISBN 80-7083-644-X.
- [2] Militký, J. Technické textilie. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2007. ISBN 978-80-7372-170-1.
- [3] neprůstřelná vesta,[cit.2012-02-16] dostupné z
<http://www.cs.wikipedia.org/wiki/neprustrelnavesta>
- [4] nomex příže,[cit.2012-02-16] dostupné z
<http://www.texnetis.com/meta-aramid-nomex.htm>
- [5] materiály na neprůstřelné vesty,[cit.2011-03-10] dostupné z
<http://www.un-brno.cz/forum/viewtopic.php>
- [6] aramidová vlákna,[cit.2012-02-16] dostupné z
<http://www.cs.wikipedia.org/wiki/aramidovavlakna>
- [7] aramidová vlákna,[cit.2012-02-16] dostupné z
<http://www.firelovers.cz/php>
- [8] Kevlar,[cit. 2012-02-16] dostupné z
<http://www.technologie.specwar.info/kevlar>
- [9] aramidové vlákno,[cit.2012-02-16] dostupné z
<http://www.cs.wikipedia.org/wiki/Aramid>
- [10] ochranný oblek,[cit.2012-02-16] dostupné z
<http://www.deva-fm.cz>
- [11] taktické a balistické vesty,[cit.2012-01-10] dostupné z
<http://www.taktickavystroj.cz/products/92>
- [12] kord pneumatiky, užití aramidových vláken,[cit.2011-11-21] dostupné z

<http://www.imaterialy.cz/clanky/materialy/>

- [13] Kevlar Engineered Elastomer, [cit.2011-11-21] dostupné z

<http://www.mujsmultimarket.cz/infobox/dunlop-s-technologie-kevlar>

- [14] sportovní vybavení, [cit.2012-02-16] dostupné z

<http://www.elastiko.cz/ostatni/vyznam-a-dulezitost-textilii>